

ANALISIS KAPASITAS TAMPUNGAN DAN KEANDALAN EMBUNG WUKIRSARI 1

Al Hadi¹, Sri Amini Yuni Astuti²

¹ Mahasiswa Prodi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Email: 14511313@students.uii.ac.id

² Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Email: amini_yuni@uui.ac.id

ABSTRACT

The research on the analysis of the storage capacity and reliability of the Wukirsari 1 Small Dam is motivated by the needs of the community in meeting the needs of raw water. This study aims to determine the amount of reservoir capacity that can be built, as well as the level of reliability of the reservoir after it is used. The reservoir capacity is obtained from a capacity analysis based on water availability, based on water demand, and based on topography. The availability of water in this study was calculated by the F.J Mock method. The reliability of the reservoir is carried out by simulating the reservoir water balance and the reliability level of the reservoir in meeting the community's water needs. The reservoir capacity of the reservoir is 32.407,25 m³ with a live reservoir of 28.506,62 m³ and a dead reservoir of 3.900,63 m³. The projected population for 15 years is 68.384 people with a total raw water requirement of 953.956,8 m³. The reliability level is divided into 3 conditions, the first with a population of 68.384 people, the reliability level is 31,50% and the lowest is 24,07%. Second, with a population of 20.000 people, the reliability level was 100% in February and decreased the following month. Third, with a population of 19.000 people, the level of reliability is 100% every month and can meet existing outflows.

Keywords: reservoir, water availability, F.J Mock, water balance, reliability level

PENDAHULUAN

Air yang tersedia di bumi mempunyai volume yang tetap, dan memiliki bentuk yang beragam, seperti bentuk padat, cair, maupun gas. Volume air yang tetap ini terjadi akibat siklus hidrologi, akan tetapi pendistribusian air tidak sama rata dikarenakan faktor lokasi dan musimnya. Distribusi air yang tidak merata ini bisa menyebabkan erosi maupun banjir ketika volumenya berlebihan, dan kekeringan ketika volumenya berkurang.

Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk, kebutuhan akan air bersih juga meningkat. Pertambahan jumlah penduduk ini akan mempengaruhi keseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan air. Hal tersebut perlu dipertimbangkan agar kebutuhan air

tetap terpenuhi seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk.

Begitu juga yang terjadi di daerah Wukirsari, Manggung, Imogiri, Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta. Daerah ini terletak pada ketinggian 50 m dari permukaan laut. Daerah ini menghadapi ancaman kekeringan pada saat musim kemarau, dan banjir pada saat musim hujan. Disamping itu, jumlah penduduk yang meningkat setiap tahunnya juga akan mempengaruhi kebutuhan air bersih, yang akan berdampak kepada ketidakseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan air. Daerah Wukirsari juga sering mengalami bencana banjir. Hal ini disebabkan oleh debit sungai di hulu yang melebihi kapasitas sungai tersebut, serta berkurangnya daerah resapan.

Salah satu alternatif pemecahan masalah tersebut adalah dengan pembangunan embung. Embung bisa berfungsi sebagai penyimpanan air tanah dan air hujan. Embung juga berfungsi untuk mengisi ulang air tanah sebagai upaya konservasi sumber daya air. Pembangunan embung juga diharapkan bisa dimanfaatkan secara langsung dalam jangka pendek untuk memenuhi kebutuhan air baku, menaikkan muka air tanah dan sebagai sarana wisata.

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini adalah Analisis Kapasitas Tampung Embung Bulakan untuk Memenuhi Kekurangan Kebutuhan Air Irigasi di Kecamatan Payakumbuh Selatan (Garsia, D., 2014), Evaluasi Kapasitas Embung Hadudu Daerah Irigasi Hutabagasan Kab Humbang Hasundutan (Simbolon, B, 2016), Evaluasi Kapasitas Tampung Embung Bisok Bokah (Rosadi, G, dkk, 2019), dan Analisis Keandalan Embung Sendangtirto Dalam Memenuhi Kebutuhan Air Baku dan Irigasi Daerah Berbah Sleman (Tazka, A. E. H, 2020).

Berdasarkan paparan diatas, tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui kapasitas Embung Wukirsari 1 yang memungkinkan untuk dibangun
2. Mengetahui keandalan Embung Wukirsari 1 dalam memenuhi kebutuhan air baku di daerah Wukirsari, Manggung, Imogiri, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

LANDASAN TEORI

Parameter DAS Metode F.J Mock

Perhitungan parameter menggunakan program *Microsoft Excel* dan dilakukan secara *trial and error*. Batasan nilai parameter untuk perhitungan berada pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Kendala Model F.J Mock

No	Kendala (<i>Constraints</i>)
1	$100 \leq SMC \leq 300$
2	$ISM \geq 50$ atau $ISM \leq SMC$
3	$0,35 \leq DIC \leq 0,75$
4	$0,1 \leq WIC \leq 0,5$ atau $WIC \leq DIC$
5	$50 \leq IGWS \leq 2000$
6	$0,75 \leq k \leq 0,995$

Analisis Debit Andalan

Analisis perhitungan debit tersedia menggunakan cara *water balance* dari F.J. Mock. Metode ini memberikan cara perhitungan yang relatif sederhana berdasarkan hasil riset daerah aliran sungai di seluruh Indonesia. Pada dasarnya metode ini adalah hujan yang jatuh pada *catchment area* sebagian akan hilang sebagai evapotranspirasi, sebagian akan langsung menjadi aliran permukaan (*direct run off*) dan sebagian lagi akan masuk ke dalam tanah (infiltrasi). Perhitungan debit andalan meliputi :

1. Data Curah Hujan

R20 = curah hujan bulanan
n = jumlah hari hujan

2. Evapotranpirasi Terbatas (Et)

Evapotranspirasi terbatas adalah evapotranspirasi aktual dengan mempertimbangkan kondisi vegetasi dan permukaan tanah serta frekuensi curah hujan.

$$Et = Ep - E \quad (1)$$

$$E = Ep \times \left(\frac{m}{20} \right)^{x(18-n)} \quad (2)$$

dengan :

E = selisih evapotranspirasi potensial dan evapotranspirasi terbatas

Ep = evapotranspirasi potensial

Et = evapotranspirasi terbatas

m = persentase lahan yang tidak ditutupi vegetasi. 10-40% untuk lahan yang tererosi. 30-50% untuk lahan pertanian yang diolah

n = jumlah hari hujan

3. Keseimbangan Air pada Permukaan Tanah
Rumus mengenai air hujan yang mencapai permukaan tanah

$$S = R_s - E_{tl} \quad (3)$$

$$SMC(n) = SMC(n-1) + IS(n) \quad (4)$$

$$WS = S - IS \quad (5)$$

dengan :

- S = Kandungan air tanah
 Rs = curah hujan bulanan
 Etl = evapotranspirasi terbatas
 IS = tampungan awal / *soil storage* (mm)
 IS (n) = tampungan awal / *soil storage moisture* (mm) diambil antara 50-250 mm
 SMC (n) = kelembatan tanah bulan ke- (n)
 SMC (n-1) = kelembatan tanah bulan ke- (n-1)
 WS = *water surplus* / volume air bersih

4. Limpasan (*run off*) dan tampungan air tanah (*ground water storage*)

$$V_n = k.V(n-1) + 0,5(1-k).I(n) \quad (6)$$

$$dV_n = V(n) - V(n-1) \quad (7)$$

dengan:

- V(n) = volume air bulan ke-n
 V(n-1) = volume air tanah bulan ke- (n-1)
 k = faktor resesi aliran tanah diambil antara 0-0,1
 l = koefisien *infiltrasi* diambil antara 0-1,0

5. Aliran Sungai

Aliran dasar = infiltrasi – perubahan volume air tanah

$$B(n) = I - dV(n)$$

Aliran permukaan = volume air bersih – infiltrasi

$$D(ro) = WS - I$$

Aliran sungai = aliran permukaan + aliran dasar

$$RunOff = D(ro) + B(n) \quad (8)$$

$$Debit = \frac{aliransungai}{satubulan(dtk)} \times luasDAS \quad (9)$$

Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

Proyeksi kebutuhan air bersih dapat ditentukan dengan memperhatikan pertumbuhan penduduk untuk diproyeksikan terhadap kebutuhan air bersih sampai dengan lima puluh tahun mendatang atau tergantung dari proyeksi yang dikehendaki (Soemarto, 1987).

$$r = \frac{\Sigma \text{penduduk } n - \Sigma \text{penduduk } n-1}{\Sigma \text{penduduk } n-1} \times 100\% \quad (10)$$

Proyeksi jumlah penduduk dapat dihitung dengan cara :

$$P_n = P_o + (1+r)^n \quad (11)$$

dengan :

- P_n = jumlah penduduk pada tahun ke-n
 P_o = jumlah penduduk pada awal tahun
 r = prosentase pertumbuhan geometrical penduduk tiap tahun
 n = periode waktu yang ditinjau

Kapasitas Embung Berdasar Kebutuhan Air (V_n)

Volume tampungan berdasarkan kebutuhan air (V_n) dapat dihitung dengan menggunakan rumus

$$V_n = V_u + V_e + V_i + V_s \quad (12)$$

dengan :

- V_n = volume tampungan berdasarkan kebutuhan air (m³)
 V_u = volume tampungan hidup untuk melayani berbagai kebutuhan air (m³)
 V_e = jumlah penguapan yang terjadi sepanjang tahun (m³)
 V_i = jumlah resapan melalui dasar dinding dan tubuh embung yang terjadi sepanjang tahun (m³)
 V_s = ruangan yang disediakan untuk sedimen

Kapasitas Embung Berdasar Ketersediaan Air (V_h)

Pengisi tampungan pada embung terdiri atas aliran permukaan dari seluruh daerah

tangkapan hujan, air hujan yang langsung jatuh, dan debit mata air yang ada. Sehingga jumlah air yang masuk ke dalam embung dapat dinyatakan sebagai berikut

$$V_h = \sum V_j + (R_j \times A_{\text{embung}}) \quad (13)$$

dengan :

V_h = volume air yang dapat mengisi kolam embung (m^3)

V_j = aliran bulanan pada bulan j (m^3)

$\sum V_j$ = jumlah aliran total selama musim hujan (m^3)

Kapasitas Embung Berdasar Kondisi Topografi (V_p)

$$V_1 = \frac{(A_0 + A_1)}{2} (a_1 - a_0) \quad (14)$$

dengan :

V_1 = volume tampungan (m^3)

a_0 = elevasi 0

a_1 = elevasi 1

A_0 = luas permukaan untuk elevasi a_0

A_1 = luas permukaan untuk elevasi a_1

Penentuan Kapasitas Tampung Embung

Setelah didapatkan kapasitas embung berdasar kebutuhan air (V_n), kapasitas embung berdasar ketersediaan air (V_h), dan kapasitas embung berdasar topografi (V_p) maka dipilih nilai terkecil dari ketiga kapasitas tersebut untuk digunakan sebagai nilai kapasitas tampung embung.

Neraca Air

Perhitungan neraca air dilakukan untuk mengecek apakah air yang tersedia cukup memadai untuk memenuhi kebutuhan air baku atau tidak. Ada tiga unsur pokok dalam perhitungan neraca air yaitu :

1. Kebutuhan air
2. Tersedianya air
3. Neraca air

Tingkat Keandalan

Tujuan dari tingkat keandalan embung adalah persentase untuk mengetahui bahwa embung tersebut mampu menjamin kebutuhan minimum yang diperlukan.

$$TK = \frac{\text{kebutuhan air yang terlayani}}{\text{kebutuhan total air}} \times 100\% \quad (15)$$

METODE PENELITIAN

Lokasi

Lokasi perencanaan embung yang akan dilakukan berada pada Desa Wukirsari, Imogiri, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Metode

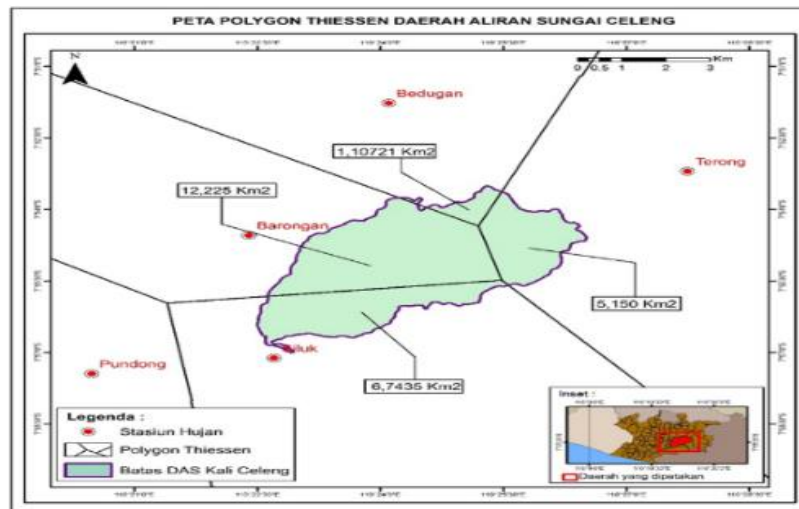
Analisis yang dilakukan yaitu menghitung ketersediaan dan kebutuhan air baku, sehingga perhitungan ketersediaan dan kebutuhan air menghasilkan kapasitas maksimal yang dapat tertampung pada Embung Wukirsari 1. Adapun yang akan dianalisis pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kapasitas tampungan berdasar kebutuhan air
2. Kapasitas tampungan berdasar ketersediaan air
3. Kapasitas tampungan berdasar topografi
4. Penentuan kapasitas embung
5. Simulasi neraca air
6. Tingkat keandalan pelayanan

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Analisis Data Hujan

Berdasarkan hasil pengukuran dengan menggunakan peta *google earth* dan program *AutoCAD 2010*, wilayah Embung Wukirsari 1 memiliki luas wilayah sebesar $25,226 \text{ km}^2$. Pada penelitian ini digunakan metode *polygon Thiessen* seperti yang terlihat pada gambar 1 untuk menentukan hujan rerata DAS Celeng.



Gambar 4. Poligon Thiessen

Hujan Bulanan DAS Celeng

Data curah hujan bulanan diambil dari Stasiun Barongan, Stasiun Siluk, Stasiun Bedungan, dan Stasiun Terong setiap bulan dari tahun 2001 sampai dengan tahun 2017. Data curah

hujan yang diambil merupakan jumlah curah hujan setiap bulan pada stasiun tertentu lalu dikalikan dengan bobot masing-masing stasiun dalam satuan mm seperti pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Data Curah Hujan Bulanan

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2001	227,53	109,28	146,60	59,82	3,63	5,67	4,36	0,00	1,56	132,79	154,84	104,92
2002	39,40	44,91	59,62	41,44	9,89	1,34	0,00	0,00	0,00	148,38	27,56	36,75
2003	172,04	162,21	109,42	6,12	35,13	7,75	0,00	0,00	0,00	19,38	131,33	203,54
2004	114,61	124,06	149,75	15,02	63,68	2,04	10,66	0,00	0,22	10,82	136,86	284,76
2005	97,41	354,26	127,45	228,74	0,00	87,67	8,58	0,31	0,82	141,99	142,62	343,45
2006	909,87	483,17	1139,34	332,93	43,28	8,11	1,62	0,02	0,15	2,13	12,15	330,99
2007	909,63	483,17	114,42	74,72	21,42	38,53	1,34	0,00	0,29	11,23	63,09	182,33
2008	82,34	73,25	88,22	32,95	9,36	0,10	0,00	0,00	0,00	51,32	89,42	70,85
2009	134,97	89,56	35,72	35,38	53,65	14,17	0,00	0,00	0,00	14,70	19,05	25,93
2010	57,48	47,85	54,76	55,87	81,46	15,60	12,03	13,81	61,76	36,20	53,55	145,39
2011	72,21	80,16	78,33	72,64	33,29	0,00	0,00	0,00	0,00	2,67	93,39	91,11
2012	97,05	100,85	78,60	47,77	15,02	6,12	0,00	0,48	0,00	30,09	33,15	126,97
2013	101,24	84,32	45,32	52,26	42,87	48,79	12,94	1,34	0,73	11,87	128,08	190,21
2014	158,47	98,47	39,88	81,08	24,09	27,87	34,41	0,11	0,00	0,73	107,63	196,46
2015	248,22	85,39	220,50	197,24	57,19	2,68	0,00	0,00	0,00	0,00	53,36	127,50
2016	64,60	150,76	134,58	64,21	36,69	76,72	14,39	24,47	136,76	112,92	109,34	212,75
2017	157,50	165,50	216,38	106,62	13,33	23,99	1,94	0,48	42,16	38,52	383,09	153,62

Analisis Ketersediaan Air Metode F.J. Mock

Analisis ketersediaan air pada penelitian ini menggunakan debit andalan 90% dengan menggunakan metode F.J Mock. Debit andalan merupakan debit yang dipakai untuk memenuhi kebutuhan air. Perhitungan ini menggunakan analisis *water balance F.J Mock* berdasarkan data curah hujan bulanan, jumlah hari hujan, evapotranspirasi dan karakteristik hidrologi daerah pengairan.

Evapotranspirasi

Nilai evapotranspirasi potensial (ET₀) dihitung dengan menggunakan metode panci evaporasi. Nilai koefisien panci berdasarkan Eijkelkamp Agrisearch (2009) rata-rata nilai K_p yang digunakan adalah sebesar 0,7, sehingga nilai evapotranspirasi potensial adalah

$$ET_0 = K_p \times \text{Evaporasi panci kelas A}$$

Perhitungan pada Januari 2001 :

$$ET_0 = 0,7 \times 2,471$$

$$= 1,730 \text{ mm/hari}$$

$$= 53,625 \text{ mm}$$

Debit Bulanan Parameter Awal

Berdasarkan parameter yang telah ditentukan, dilakukan perhitungan debit terhitung pada bulan januari tahun 2001, didapatkan Debit terhitung (Q_{CAL})

$$Q_{CAL} = \frac{A \times R_{TOT} \times 1000}{n \times 24 \times 3600}$$

$$= \frac{25,226 \times 100,60 \times 1000}{31 \times 24 \times 3600}$$

$$= 0,947 \text{ m}^3/\text{s}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan parameter yang digunakan sudah optimal atau belum. Didapatkan, sebagai berikut.

$$\Sigma I - \Sigma O = -221 \text{ mm}$$

Perubahan *upper zone soil moisture*

$$= SM_{\text{desember}} - ISM$$

$$= 146,83 - 100$$

$$= 46,83 \text{ mm}$$

Perubahan *groundwater storage*

$$= GWS_{\text{desember}} - IGWS$$

$$= 17,39 - 200$$

$$= -182,61 \text{ mm}$$

Jika tidak ada debit terukur untuk kalibrasi parameter Model F.J Mock, maka diasumsikan pada siklus tahunan nilai $\Sigma I - \Sigma O$, perubahan *upper zone soil moisture*, dan perubahan *groundwater storage* adalah mendekati 0. Dari analisis model F.J Mock dengan nilai parameter awal belum optimal karena nilai $\Sigma I - \Sigma O$, perubahan *upper zone soli moisture*, dan perubahan *groundwater storage* tidak mendekati 0. Maka analisis model F.J Mock harus dilakukan lagi sampai mendapatkan parameter optimal.

Debit Bulanan Parameter Optimal

Setelah parameter didapatkan, lalu dilakukan analisis Model F.J Mock lagi, sebagai contoh untuk bulan januari 2001, didapatkan sebagai berikut. Debit terhitung (Q_{CAL})

$$Q_{CAL} = \frac{A \times R_{TOT} \times 1000}{n \times 24 \times 3600}$$

$$= \frac{25,226 \times 28,93 \times 1000}{31 \times 24 \times 3600}$$

$$= 0,272 \text{ m}^3/\text{s}$$

Selanjutnya dilakukan kalibrasi nilai optimal parameter. Tahapan perhitungannya sama dengan perhitungan pada parameter awal. Didapatkan, sebagai berikut.

$$\Sigma I - \Sigma O = 0 \text{ mm}$$

Perubahan *upper zone soil moisture*

$$= SM_{\text{desember}} - ISM$$

$$= 161,30 - 161$$

$$= 0,30 \text{ mm} \approx 0 \text{ mm}$$

Perubahan *groundwater storage*

$$= GWS_{\text{desember}} - IGWS$$

$$= 649,35 - 650$$

$$= -0,65 \text{ mm} \approx 0 \text{ mm}$$

Lalu dilanjutkan perhitungan untuk bulan selanjutnya pada bulan 2001. Setelah itu dilanjutkan untuk perhitungan hingga tahun 2017 dan dilakukan rekapitulasi debit andalan dari tahun 2001 sampai dengan 2017 seperti yang tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Debit Model F.J Mock dengan Nilai Optimum Tahun 2001

Parameter DAS	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sept	Okt	Nov	Des
Jumlah Hari	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
P (mm)	227,53	109,28	146,60	59,82	3,63	5,67	4,36	0,00	1,56	132,79	154,84	104,92
n (hari)	19,00	15,00	19,00	12,00	5,00	5,00	4,00	0,00	2,00	11,00	14,00	12,00
Et0 (mm)	53,62	62,53	81,93	66,53	71,79	64,16	71,10	81,74	89,58	98,77	85,78	76,07
m (%)	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	30,00	30,00	30,00	30,00	20,00	20,00	20,00
E (mm)	0,00	1,88	0,00	3,99	9,33	12,51	14,93	22,07	21,50	6,91	3,43	4,56
AET (mm)	53,62	60,66	81,93	62,54	62,46	51,65	56,17	59,67	68,08	91,86	82,35	71,51
ER (mm)	173,90	48,62	64,67	-2,72	-58,82	-45,98	-51,81	-59,67	-66,53	40,93	72,49	33,41
SM (mm)	300,00	300,00	300,00	297,28	238,45	192,47	140,67	80,99	14,47	55,40	127,89	161,30
AET' (mm)	53,62	60,66	81,93	62,54	62,46	51,65	56,17	59,67	68,08	91,86	82,35	71,51
WS (mm)	34,90	48,62	64,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
I (mm)	9,25	12,89	17,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
GWS (mm)	655,98	665,55	679,32	675,92	672,54	669,18	665,83	662,50	659,19	655,89	652,61	649,35
BSF (mm)	3,27	3,31	3,37	3,40	3,38	3,36	3,35	3,33	3,31	3,30	3,28	3,26
DRO (mm)	25,65	35,74	47,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TRO (mm)	28,93	39,05	50,90	3,40	3,38	3,36	3,35	3,33	3,31	3,30	3,28	3,26
Qcal. (m ³ /s)	0,272	0,407	0,479	0,033	0,032	0,033	0,032	0,031	0,032	0,031	0,032	0,031

Analisis Kebutuhan Air Baku

Dalam penelitian ini, proyeksi penduduk yang direncanakan dari tahun 2020 sampai 2035. Data jumlah penduduk yang digunakan adalah data jumlah penduduk Imogiri, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta dari tahun 2019-2020. Jumlah penduduk pada tahun 2019 adalah 63.542 jiwa dan pada tahun 2020 adalah 63.835 jiwa.

Proyeksi Jumlah Penduduk

Untuk mengetahui laju pertumbuhan penduduk (r) di Imogiri menggunakan rumus berikut

$$r = \frac{\sum \text{penduduk } n - \sum \text{penduduk } n-1}{\sum \text{penduduk } n-1} \times 100\%$$

$$= \frac{63.835 - 63.542}{63.542} \times 100\% = 0,46\%$$

Setelah menghitung laju pertumbuhan penduduk, maka dapat diproyeksikan jumlah penduduk dari tahun 2020 sampai 2035

dengan menggunakan metode geometric dengan rumus berikut

$$P_n = P_0 \times (1 + r)^n = 63.835 \times (1 + 0,46\%)^{15}$$

$$= 68.384 \text{ jiwa}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui jumlah penduduk pada tahun 2035 adalah 68.384 jiwa.

Kebutuhan Air Baku Total

Kebutuhan air baku dalam setahun adalah sebagai berikut.

Kebutuhan air domestik

$$V_u = J_h \times J_p \times Q_u$$

$$= 90 \times 68384 \times 105 = 646.228.800 \text{ l}$$

$$= 646.228,8 \text{ m}^3$$

Kebutuhan air non domestik

$$V_u = J_h \times J_p \times Q_u$$

$$= 90 \times 68384 \times 20 = 123.091.200 \text{ l}$$

$$= 123.091,2 \text{ m}^3$$

Kehilangan air

$$V_u = J_h \times J_p \times Q_u$$

$$\begin{aligned}
 &= 90 \times 68384 \times 30 \\
 &= 184.636.800 \text{ l} \\
 &= 184.636,8 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u \text{ total} &= V_u \text{ domestik} + V_u \text{ non domestik} + \\
 &V_u \text{ kehilangan air} \\
 &= 646.228,8 + 123.091,2 + 184.636,8 \\
 &= 953.956,8 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Analisis Karakteristik Embung

Hubungan Elevasi dengan Volume

Perhitungan volume berdasarkan elevasi adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 V_1 &= \frac{(A_0 + A_1)}{2} \times (a_1 - a_0) \\
 V_1 &= \frac{(3.624,3 + 3.899,1)}{2} \times (34,5 - 34) \\
 &= 1.880,86 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Tabel 4. Volume Tampung Embung

No	Elevasi	Luas	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Volume Kumulatif (m ³)
1	34	3624	0	0.00	0.00
2	34.5	3899	0.5	1880.86	1880.86
3	35	4180	1	2019.77	3900.63
4	35.5	4468	1.5	2162.06	6062.69
5	36	4763	2	2307.71	8370.40
6	36.5	5063	2.5	2456.49	10826.88
7	37	5371	3	2608.50	13435.38
8	37.5	5684	3.5	2763.76	16199.14
9	38	6005	4	2922.26	19121.39
10	38.5	6331	4.5	3084.00	22205.39
11	39	6665	5	3248.99	25454.37
12	39.5	7004	5.5	3417.22	28871.59
13	40	7138	6	3535.66	32407.25

Kapasitas Tampung Embung Berdasar Ketersediaan Air (V_n)

Periode bulan januari

$$\begin{aligned}
 V &= Q_{\text{andalan}} \times \text{jumlah hari januari} \times 3600 \times 24 \\
 &= 0,0306 \times 31 \times 3600 \times 24 \\
 &= 81.984,5 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Hujan yang jatuh di atas embung dihitung dari hujan 90% dikalikan dengan luas permukaan embung. Berikut contoh perhitungannya

$$\begin{aligned}
 V_{\text{hujan}} &= R_{\text{januari}} \times A_{\text{embung}} \times \text{Jumlah hari} \times 3600 \\
 &\times 24 \\
 V_{\text{hujan}} &= 2,58 \times 10^{-8} \times 7138,35 \times 31 \times 3600 \times 24 \\
 &= 493,72 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Hasil volume periode bulan januari dijumlahkan dengan V_{hujan} sehingga didapat kapasitas embung berdasarkan Ketersediaan air pada bulan tersebut.

$$\begin{aligned}
 V_{\text{total}} &= V_{\text{januari}} + V_{\text{hujan}} \\
 &= 81.984,5 + 493,72 \\
 &= 82.478,223 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara yang sama, dilakukan perhitungan untuk bulan selanjutnya.

Kapasitas Tampung Berdasar Kebutuhan Air (V_n)

- Volume tampungan hidup untuk melayani kebutuhan air baku (V_u)
Kebutuhan air total untuk melayani kebutuhan air baku adalah 953.956,8 m³, sehingga V_u adalah 953.956,8 m³.
- Ruangan yang disediakan untuk sedimen (V_s)

$$\begin{aligned}
 V_s &= 5\% \times V_u \\
 &= 5\% \times 953.956,8 \\
 &= 47.697,84 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$
- Volume air yang merembes (V_j)

$$\begin{aligned}
 V_s &= 25\% \times V_u \\
 &= 25\% \times 953.956,8 \text{ m}^3 \\
 &= 238.489,2 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$
- Volume air yang menguap (V_e)

$$\begin{aligned}
 V_e &= A_{\text{embung}} \times \frac{e_{\text{rerata}}}{1000} \\
 &= 7138,4 \times \frac{75,302}{1000} \\
 &= 537,54 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$
- Kapasitas embung berdasar kebutuhan air

$$\begin{aligned}
 V_n &= V_u + V_s + V_j + V_e \\
 &= 953.956,8 + 47.697,84 + \\
 &238.489,2 + 537,54 \\
 &= 1.240.681,38 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Kapasitas Tampung Berdasar Topografi (V_p)

Kapasitas embung berdasarkan topografi dilihat dari grafik hubungan elevasi, luas permukaan, dan volume. Pada penelitian ini tinggi embung yang digunakan adalah 6 m. Volume maksimum embung yang didapatkan adalah 32.407,25 m³ pada elevasi 40 m. Volume tampungan matinya adalah 3.900,63 m³. Sedangkan untuk tampungan hidupnya yaitu 28.506,62 m³.

Penentuan Kapasitas Embung

Kapasitas embung yang dipakai adalah kapasitas terkecil dari analisis kapasitas embung berdasarkan kebutuhan air (V_n), kapasitas embung berdasarkan ketersediaan air (V_h) dan kapasitas embung berdasarkan topografi (V_p). Dari perhitungan yang sudah dilakukan, didapatkan hasil V_n sebesar 1.240.681,38 m³, V_h sebesar 944.269,780 m³ dan V_p sebesar 32.407,25 m³. Karena nilai V_p adalah nilai terkecil, maka nilai tersebut digunakan sebagai kapasitas embung.

Tabel 5. Neraca Air dan Tingkat Keandalan

Bulan	Resapan (m3)	Inflow (m3)	Outflow (m3)	Sn	Sn+1	Melimpas / Tidak	Sn+1 Terjadi	Outflow Terjadi (m3)	Keterangan	TK
Jan	0.0	82369.0	0.0	0.0	82369.0	Pengisian	32407.3	0.0	Pengisian	-
Feb	8101.8	68100.9	307386.1	32407.3	-206877.9	Tidak Melimpas	3900.6	96607.5	Tidak Terpenuhi	31.4
Mar	975.2	80127.8	328585.1	3900.6	-244556.6	Tidak Melimpas	3900.6	80127.8	Tidak Terpenuhi	24.4
Apr	975.2	76997.0	317985.6	3900.6	-237088.0	Tidak Melimpas	3900.6	76997.0	Tidak Terpenuhi	24.2
Mei	975.2	79102.6	328585.1	3900.6	-245581.9	Tidak Melimpas	3900.6	79102.6	Tidak Terpenuhi	24.1
Jun	975.2	76133.3	317985.6	3900.6	-237951.7	Tidak Melimpas	3900.6	76133.3	Tidak Terpenuhi	23.9
Jul	975.2	78283.2	328585.1	3900.6	-246401.3	Tidak Melimpas	3900.6	78283.2	Tidak Terpenuhi	23.8
Ags	975.2	77840.9	328585.1	3900.6	-246843.6	Tidak Melimpas	3900.6	77840.9	Tidak Terpenuhi	23.7
Sep	975.2	74871.6	317985.6	3900.6	-239213.4	Tidak Melimpas	3900.6	74871.6	Tidak Terpenuhi	23.5
Okt	975.2	76984.3	328585.1	3900.6	-247700.2	Tidak Melimpas	3900.6	76984.3	Tidak Terpenuhi	23.4
Nov	975.2	74253.3	317985.6	3900.6	-239831.6	Tidak Melimpas	3900.6	74253.3	Tidak Terpenuhi	23.4
Des	975.2	76540.1	328585.1	3900.6	-248144.3	Tidak Melimpas	3900.6	76540.1	Tidak Terpenuhi	23.3

Neraca Air dan Tingkat Keandalan Embung Untuk Optimasi

Pada tabel 5 diatas menunjukkan bahwa nilai tingkat keandalan yang didapatkan nilai sebesar 31,50%. Hal ini berarti lebih dari setengah jumlah *outflow* (O_n) tidak terpenuhi.

Oleh karena itu, perlu dilakukan optimasi untuk menaikkan tingkat keandalan embung. Optimasi dilakukan dengan mengurangi jumlah penduduk yang dilayani kebutuhannya oleh Embung Wukirsari 1 menjadi 20.000 jiwa dan 19.000 jiwa.

Tabel 6. Neraca Air dan Tingkat Keandalan Optimasi

Bulan	Evaporasi (m3)	Inflow (m3)	Outflow (m3)	Sn	Sn+1	Keterangan	Sn+1 Terjadi	Outflow Terjadi (m3)	Keterangan	TK
Jan	0	82.369	0	0	82.369	Pengisian	32407,3	0	Pengisian	-
Feb	446,394	68.100,9	64.191,5	32.407,3	36.316,65	Melimpas	32407,3	64191,5	Terpenuhi	100
Mar	342,464	73.001,2	68.618,5	32.407,3	36.789,94	Melimpas	32407,3	68618,5	Terpenuhi	100
Apr	278,104	69.870,3	66.405	32.407,3	35.872,55	Melimpas	32407,3	66405	Terpenuhi	100
Mei	300,077	71.975,9	68.618,5	32.407,3	35.764,68	Melimpas	32407,3	68618,5	Terpenuhi	100
Jun	268,191	69.006,6	66.405	32.407,3	35.008,88	Melimpas	32407,3	66405	Terpenuhi	100
Jul	297,197	71.156,5	68.618,5	32.407,3	34.945,25	Melimpas	32407,3	68618,5	Terpenuhi	100
Ags	341,677	70.714,2	68.618,5	32.407,3	34.502,99	Melimpas	32407,3	68618,5	Terpenuhi	100
Sep	374,455	67.745	66.405	32.407,3	33.747,21	Melimpas	32407,3	66405	Terpenuhi	100
Okt	412,855	69.857,6	68.618,5	32.407,3	33.646,36	Melimpas	32407,3	68618,5	Terpenuhi	100
Nov	358,551	67.126,7	66.405	32.407,3	33.128,92	Melimpas	32407,3	66405	Terpenuhi	100
Des	317,985	69.413,5	68.618,5	32.407,3	33.202,24	Melimpas	32407,3	68618,5	Terpenuhi	100

PEMBAHASAN

Kapasitas Embung Wukirsari 1 diperoleh dengan membandingkan hasil dari tiga analisis, yaitu analisis kapasitas embung berdasarkan ketersediaan air (V_h), analisis kapasitas embung berdasarkan kebutuhan air (V_n), dan analisis kapasitas embung berdasarkan topografi (V_p), lalu dipilih hasil terkecil. Kapasitas terkecil Embung Wukirsari 1 dari hasil perhitungan yaitu sebesar 32.407,25 m³ yang diperoleh dari analisis kapasitas berdasarkan topografi.

Analisis neraca air dilakukan dengan *outflow* dari kebutuhan air baku dengan proyeksi 15 tahun yaitu pada tahun 2035. Jumlah penduduk pada tahun 2035 adalah 68.384 jiwa dengan kebutuhan air baku total adalah 3.879.424 m³. Nilai tingkat keandalan yang didapatkan adalah 31,49% pada bulan Februari, dan nilai tingkat keandalan terendah yang didapatkan adalah 21,06 % pada bulan Oktober.

Berdasarkan perhitungan neraca air pertama yang tidak dapat memenuhi kebutuhan air baku masyarakat, maka dilakukan

perhitungan neraca air kedua untuk optimasi. Perhitungan neraca air optimasi dibagi menjadi 2 keadaan, yaitu keadaan pertama jumlah penduduk dikurangi menjadi 20.000 jiwa dan keadaan kedua jumlah penduduk dikurangi menjadi 19.000 jiwa. Pada keadaan pertama nilai tingkat keandalan yang didapatkan adalah 100 % pada bulan Februari dan nilai tingkat keandalan terendah sebesar 79,94% pada bulan November. Pada keadaan kedua, nilai tingkat keandalan yang didapatkan adalah 100% untuk setiap bulannya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Kapasitas tampungan Embung Wukirsari 1 yang didapatkan adalah sebesar 32.407,25 m³ dengan 28.506,62 m³ sebagai tampungan hidup dan 3.900,63 m³ sebagai tampungan mati. Kebutuhan air baku Embung Wukirsari 1 untuk melayani kebutuhan penduduk dengan jumlah 20.000 jiwa sebesar 369.000 m³ dan dengan jumlah penduduk sebesar 19.000 jiwa sebesar 199.215 m³.

2. Tingkat keandalan Embung Wukirsari dibagi menjadi 3 kondisi, yaitu
 - a. Tingkat keandalan pertama berdasarkan kebutuhan air baku pada tahun 2035 dengan jumlah penduduk sebesar 68.384 jiwa. Hasil pada tingkat keandalan ini adalah 31,50 % pada bulan Februari, dan nilai terendah adalah 24,07 % pada bulan Oktober. Embung Wukirsari 1 tidak dapat memenuhi kebutuhan atau *outflow* yang ada.
 - b. Tingkat keandalan kedua adalah tingkat keandalan setelah di optimasi dengan jumlah penduduk sebesar 20.000 jiwa adalah 100 % pada bulan Februari dan menurun pada bulan selanjutnya dengan tingkat keandalan paling kecil sebesar 79,94% pada bulan November. Embung Wukirsari 1 dapat memenuhi kebutuhan air secara penuh pada bulan Februari dan pada bulan selanjutnya tidak terpenuhi secara keseluruhan.
 - c. Tingkat keandalan ketiga adalah tingkat keandalan setelah di optimasi dengan jumlah penduduk sebesar 19.000 jiwa adalah 100 % untuk setiap bulannya, dan Embung Wukirsari 1 dapat memenuhi kebutuhan atau *outflow* yang ada.

Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka saran yang bisa diberikan adalah

1. Untuk penelitian selanjutnya perlu dipertimbangkan untuk mencari kapasitas embung dengan metode lain seperti metode *ripple* atau sebagainya untuk mendapatkan hasil kapasitas yang lebih akurat.
2. Agar embung dapat berfungsi dengan maksimal, maka perlu diadakan pemeriksaan dan pemeliharaan secara teratur.

DAFTAR PUSTAKA

- Garsia, D., Sujatmoko, B., & Rinaldi, R. (2014). *Analisis Kapasitas Tampungan Embung Bulakan untuk Memenuhi Kekurangan Kebutuhan Air Irigasi di Kecamatan Payakumbuh Selatan*.
- Rosadi, G., Saidah, H., & Budianto, M. B. (2019). *Evaluasi Kapasitas Tampungan Embung Bisok Bokah*.
- Simbolon, B. (2016). *Evaluasi Kapasitas Embung Hadudu Daerah Irigasi Hutabagasan Kabupaten Humbang Hasundutan*.
- Soemarto. (1987). *Hidrologi Teknik*. Usana Offset Surabaya.
- Soewarno. (2000). *Hidrologi Operasional Jilid I*. PT. Citra Aditya Bakti Bandung.
- Tazka, A. E. H. (2020). *Analisis Keandalan Embung Sendangtirto Dalam Memenuhi Kebutuhan Air Baku Dan Irigasi Daerah Berbah Sleman*.